

УДК 621.311

Стрелкова Г.Г., канд.фіз.-мат.наук;

Стрелков М.Т., канд.техн.наук;

Батюта К.В., магістр.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ КОНКУРЕНТНОЇ ТОРГІВЛІ НА ОПТОВОМУ РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ДОБУ НАПЕРЕД²

Анотація. Метою статті є аналіз аукціонів електроенергії як форми організації конкурентних торгів на оптовому ринку електроенергії на добу наперед. Задля цього ринок на добу наперед розглядається з позицій комерційної системи як короткостроковий форвардний субринок товарного ринку електроенергії. Враховуючи це, двосторонній аукціон електроенергії охарактеризовано та проаналізовано як базову форму організації конкурентних торгів на ринку на добу наперед. Односторонній аукціон електроенергії розглянуто як частковий випадок двостороннього аукціону. Також визначені й охарактеризовані найпоширеніші різновиди двостороннього й одностороннього аукціонів електроенергії.

Ключові слова: система ринку електроенергії, моделі ринку електроенергії, оптовий ринок, ринок на добу наперед, аукціони електроенергії, двосторонній аукціон, односторонній аукціон.

Abstract. The purpose of the article is to analyze electricity auctions as a form of competitive bidding in the wholesale electricity market for the day ahead. For this purpose, the day-ahead market is considered from the standpoint of the commercial system as a short-term forward submarket of the commodity electricity market. Given this, the two-side auction of electricity is characterized and analyzed as a basic form of competitive bidding in the day-ahead market. The one-side electricity auction is considered a partial case of the two-side auction. The most common types of two-side and one-side electricity auctions are also identified and characterized.

Key words: electricity market system, electricity market models, wholesale market, day-ahead market, electricity auctions, two-side auction, one-side auction.

Вступ

Інтегрована система ринку електроенергії складається з трьох головних підсистем, а саме: системи вкладених ринків, інфраструктурної системи та інституційної системи. Система вкладених ринків розділяє товарний ринок електроенергії, ринок послуг з транспортування електроенергії та ринок системних допоміжних технологічних послуг. Інфраструктурна система поділяється на технологічну підсистему та комерційну підсистему. Складовими технологічної системи є два її симетричні відображення – технічна підсистема та виробнича підсистема. Складовими комерційної системи є, з однієї сторони, торгівельна система (оптовий і роздрібний ринки), з іншої сторони, контрактна система (контрактний і спотовий ринки), які доповнюють одна одну. Інституційна система організує внутрішню упорядкованість і погодженість взаємодії всіх підсистем інтегрованої системи ринку електроенергії [1-3].

Комерційна система як інфраструктурна складова виділяє системи вкладених ринків цілу низку організованих у часі (від контрактного до спотового) субринків товарного ринку

² Робота виконана в рамках Міжнародного проекту в сфері освіти «Підготовка та впровадження програми спільного навчання другого ступеня – Енергетика нового покоління» за програмою КАТАMARAN Польського національного агентства академічних обмінів NAWA

електричної енергії: (1) ринок двосторонньої торгівлі; (2) ринок на добу наперед; (3) внутрішньодобовий ринок; (4) балансуючий ринок. Залежно від класичної моделі товарного ринку електроенергії, яких загалом є чотири, кількість запроваджених субринків може бути різною. Так ринку на добу наперед не існує в моделі всерівневої (оптово-роздрібної) монополії (модель №1), але він з'являється в моделі оптової монополії (модель №2) та продовжує існувати в моделі оптової конкуренції (модель №3) та моделі всерівневої (оптово-роздрібної) конкуренції (модель №4) [4-8].

Ринок на добу наперед є найважливішим серед усіх субринків товарного ринку електроенергії. Це короткостроковий контрактний ринок (термін дії – доба, тип контракту – форвардний), на якому, як правило, продається та купується найбільша кількість електроенергії. Із зростанням версії (номера) моделі товарного ринку поступово запроваджується та підвищується рівень конкуренції на вкладених ринках (в першу чергу на товарному ринку) інтегрованої системи ринку електроенергії. В сучасній економіці функціонуванню більшості конкурентних ринків притаманна децентралізація без участі оператора ринку. Але це не можна сказати про короткострокові вкладені ринки, поширеною формою організації торгівлі на яких стали аукціони. При цьому особливий інтерес викликають аукціони товарного ринку електроенергії, оскільки він є визначальним у процесі реформування електроенергетики і провідним у процесі впровадження конкуренції серед усіх вкладених ринків інтегрованої системи ринку електроенергії [9-12].

Аукціон електричної енергії являє собою централізовану форму організації конкурентних торгів електроенергією, що публічно проводяться на регулярній основі розпорядником аукціону (оператором ринку) за дорученням і від імені учасників аукціону відповідно до прийнятих ними правил проведення торгів аукціону. Учасниками торгів аукціону є суб'єкти товарного ринку електроенергії, які володіють необхідними ресурсами, наданими аукціону і розміщеними аукціоністом для проведення торгів, та мають доступ до передавальних і розподільних електричних мереж задля фізичного виконання результатів торгів аукціону [12].

Мета та завдання

Метою роботи є аналіз організації аукціонів товарного ринку електроенергії на добу наперед як конкурентних форм організації торгівлі на оптовому ринку.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання.

1. Проаналізувати організацію конкурентного аукціону електроенергії, що проводиться на оптовому ринку електроенергії на добу наперед.
2. Визначити різновиди конкурентного аукціону електроенергії, що проводиться на оптовому ринку електроенергії на добу наперед.

Матеріал і результати досліджень

Організація конкурентного аукціону на оптовому ринку електроенергії на добу наперед

Конкурентні аукціони, що проводяться на оптовому ринку електроенергії на добу наперед, відрізняються насамперед своєю організацією, яка визначається прийнятими правилами проведення та закладеним економічним механізмом торгів. Розглянемо організацію найбільш поширеного конкурентного аукціону на ринку електроенергії на добу наперед, який використовується в моделі оптової конкуренції та моделі всерівневої конкуренції товарного ринку електроенергії. Учасниками торгів такого аукціону можуть бути продавці, оптові і роздрібні торговці (торгові посередники) та покупці електроенергії. Як правило, цей аукціон проводиться поточної доби для кожної години (28 аукціонів) або кожної півгодини (48 аукціонів) наступної доби. Оскільки правила торгів однакові для кожного з 24 або 48 аукціонів, розглянемо умовно один із них, для чого виділимо три етапи.

Перший етап: формування та подача заявок на участь в торгах аукціону. До визначеного правилами аукціону часу поточної доби покупці та продавці подають заявки на участь в аукціоні. Подані учасниками аукціону заявки відображають вибрані ними стратегії поведінки через формат, який включає дві компоненти – кількість і ціну купівлі-продажу електроенергії. Це так звані прості заявки, які розглядаються далі. У випадку комплексних заявок, формат заявок продавців розширюється за рахунок додаткових компонент, що відображають технічні характеристики джерел генерації електроенергії, використовуваних продавцями.

З точки зору електроенергії як товару, що виставляється на торги, кожен учасник аукціону має потенційно різну оцінку його економічної цінності та заявляє свою приватну ціну. Так покупці в заявках вказують максимальні ціни, за якими вони згодні купити заявлені ними обсяги електроенергії, а продавці – мінімальні ціни, за якими вони згодні продати запропоновані ними обсяги електроенергії. В умовах конкурентного аукціону, ціна покупця, зазначена заявці, буде дорівнювати граничній цінності запитуваного ним обсягу електроенергії, а ціна продавця – граничним витратам виробництва запропонованого ним обсягу електроенергії. Тобто, оптимальною стратегією поведінки покупців є заявляти максимальні ціни, вище яких вони відмовляться від угоди (так звані відправні ціни покупців), а оптимальною стратегією поведінки продавців – заявляти мінімальні ціни, нижче яких вони відмовляться від угоди (так звані відправні ціни продавців).

Покупці та продавці вибирають свої оптимальні стратегії поведінки незалежно один від одного в умовах невизначеності, коли, приймаючи свої рішення, вони не поінформовані про рішення, прийняті іншими учасниками аукціону. Кожен покупець і продавець може подати одночасно декілька заявок для участі в торгах, і всі вони будуть прийняті аукціоністом як «запечатана пропозиція».

Другий етап: визначення переможців торгів аукціону. Оператор ринку отримує «запечатані» заявки покупців та починає формувати так званий аукціон купівлі згідно із законом попиту. Він впорядковано розміщує на площині ринкового обміну (вісь ординат – ціна, вісь абсцис – кількість) всі заявки, подані покупцями, за значеннями цінової компоненти від найбільшої ціни до найменшої ціни з наростаючим підсумком значень відповідних їм кількісних компонент. Графічно аукціон купівлі представляє так звана спадна «драбинка попиту», ординати якої показують максимальні ціни, які покупці згодні заплатити за кожну дискретно запитувану кількість електроенергії. Спадна «драбинка попиту» відображає сукупну поведінку всіх учасників аукціону купівлі та є графіком функції погодинного або півгодинного попиту на оптовому ринку електроенергії.

Одночасно оператор ринку отримує «запечатані» заявки продавців та починає формувати так званий аукціон продажу згідно із законом пропозиції. Він впорядковано розміщує на площині ринкового обміну всі заявки, подані продавцями, за значеннями цінової компоненти від найменшої ціни до найбільшої ціни з наростаючим підсумком значень відповідних їм кількісних компонент. Графічно аукціон продажу представляє так звана висхідна «драбинка пропозиції», ординати якої показують мінімальні ціни, за якими учасники аукціону продажу згодні реалізувати кожну дискретно запропоновану кількість електроенергії. Висхідна «драбинка пропозиції» відображає сукупну поведінку всіх учасників аукціону продажу та є графіком функції погодинної або півгодинної пропозиції на оптовому ринку електроенергії.

Результатом торгів аукціону електроенергії є стан рівноваги аукціонів купівлі і продажу, який на площині ринкового обміну визначає точка перетину «драбинки попиту» і «драбинки пропозиції» з координатами рівноважного обсягу, прийнятого аукціоном, та рівноважної ціни, встановленої аукціоном. На визначений правилами аукціону час поточної доби оператор ринку оголошує результати торгів аукціону. Торги виграють продавці, цінова компонента в заявках яких дорівнює та менша за рівноважну ціну, встановлену аукціоном, і покупці, цінова компонента в заявках яких більша та дорівнює рівноважній ціні, що встановлена аукціоном.

Оголошені результати торгів є короткостроковими форвардними контрактами між оператором ринку та переможцями торгів, обов'язкові для виконання у визначений час наступної доби.

Третій етап: механізм розрахунку за результатами торгів аукціону. Рівноважна ціна, встановлена аукціоном, є ціною відсікання заявок, що програли, від заявок, що виграли, й одночасно граничною ціною системи по ціновій компоненті заявки продавця, що замикає список вигравши торги заявок (так звана ціноутворююча заявка). Учасники аукціону, що виграли торги, будуть розраховуватись за проданий і куплений обсяг електроенергії, прийнятий аукціоном, за однією ціною, встановленою аукціоном. Такий аукціон електроенергії називають аукціоном єдиної ціни, або недискримінаційним аукціоном.

Принциповою відмінністю організації конкурентного аукціону на оптовому ринку електроенергії на добу наперед від аукціонів інших товарів є те, що він є двостороннім аукціоном, тобто об'єднує два аукціони одного товару – аукціон купівлі й аукціон продажу електроенергії, торги за якими проводяться одночасно в єдиному торговому просторі. Слід також зазначити, що аукціон купівлі має ознаки голландського аукціону, але останній є аукціоном відкритого типу. Аукціон продажу, на відміну від аукціону купівлі, має ознаки англійського аукціону, але останній також є аукціоном відкритого типу. Різниця між ними також у тому, що аукціон купівлі є аукціоном другої ціни, а аукціон продажу – аукціоном першої ціни [12].

Різновиди конкурентного аукціону на оптовому ринку електроенергії на добу наперед

Частковим випадок двостороннього аукціону є так званий «односторонній аукціон», який використовується в моделі оптової монопсонії товарного ринку електроенергії [12]. За такого аукціону учасниками аукціону купівлі, як правило, є оптові і роздрібні торговці (торгові посередники), які перепродають куплену на аукціоні електроенергію своїм покупцям (споживачам електроенергії) за фіксованим регульованим тарифом. Такий тариф «робить» і так відносно нееластичний попит споживачів електроенергії ще більш нееластичним. Як наслідок, попит на електроенергію, який пред'являють від імені своїх покупців торгові посередниками, стає абсолютно нееластичним. У кількісному форматі заявок, що подаються торговими посередниками, це відображається нульовою ціновою компонентою (так звані «ціноприймаючі заявки»). Оператор ринку за такого кількісного формату заявок покупців не може сформувати аукціон купівлі відповідно до закону попиту, тобто не в змозі побудувати на площині ринкового обміну спадну «драбинку попиту». Він заміщає всіх торгових посередників одним «єдиним» покупцем, який подає одну заявку від імені всіх торгових посередників. Графічно аукціон продажу представляє так звана «вертикаль попиту» (лінія паралельна осі ординат), абсциса якої є сукупним обсягом купівлі електроенергії, заявленим усіма торговими посередниками.

Учасниками аукціону продажу є продавці (виробники електроенергії). Механізм формування аукціону продажу аналогічний механізму двостороннього аукціону.

Результати торгів, або стан рівноваги одностороннього аукціону електроенергії, визначає точка перетину «вертикалі попиту» і «драбинки пропозиції». Це ідентифікує кількісну компоненту заявки «єдиного» покупця з рівноважним обсягом, прийнятим аукціоном. Односторонній аукціон виявляється для всіх покупців «безпрограшним», бо всі їхні заявки, на відміну від заявок продавців, автоматично виграють. Односторонній аукціон можна розглядати як аукціон продажу з одним покупцем (оскільки аукціон купівлі «відсутній») або як частковий випадок двостороннього аукціону з абсолютно нееластичним попитом на електроенергію.

Розглянуті вище двосторонній й односторонній аукціони електричної енергії є недискримінаційними аукціонами, або аукціонами єдиної ціни.

Якщо умовно накласти обмеження на верхній рівень заявлених продавцями цін,

наприклад, на рівні середніх економічних витрат виробництва, то виторг ціноутворюючої заявки принесе її продавцеві нормальний прибуток. Щоб забезпечити однаковий фінансовий результат всім продавцям-переможцям, кожна заявку, що виграла торги, слід оплатити за ціною, заявленою її продавцем. За такого обмеження покупці-переможці розрахуються за прийнятий аукціоном рівноважний обсяг за одноковою, середньозваженою ціною всіх заявок продавців-переможців, яка буде менше рівноважної ціни, встановленої аукціоном. Всім продавцям-переможцям заплатять за їх заявками різні, заявлені ними ціни, які менші за рівноважну ціну, виключаючи замикаючу список продавців-переможців заявку, по якій заплатять рівноважну ціну. Якщо тепер зняти обмеження, накладене на ціни, заявлені продавцями, то отримаємо дискримінаційний аукціон електричної енергії, або аукціон багатьох цін, ціни купівлі та продажу на якому для різних учасників аукціону різні [12].

Якщо прийняти, що результати торгів аукціону не враховують електричні втрати і мережеві обмеження, що мають місце в електричній мережі, то отримаємо зосереджений аукціон. Зосереджений аукціон електричної енергії встановлює одну рівноважну ціну для всіх вузлів або зон електроенергетичної системи. Розглянуті вище двосторонній й односторонній аукціони електричної енергії є зосередженими аукціонами.

Якщо врахувати мережеві обмеження на перетоки електроенергії між суміжними вузлами та електричні втрати в електричній мережі при передачі електроенергії, то отримаємо розосереджений аукціон. Розосереджений аукціон електричної енергії встановлює в кожному вузлі або зоні електроенергетичної системи різні рівноважні ціни.

Висновки

Формою організації конкурентної торгівлі на оптовому ринку електроенергії на добу наперед є двосторонній аукціон, що об'єднує два аукціони одного товару – аукціон купівлі й аукціон продажу електроенергії. Двосторонній аукціон поширений в моделях оптової конкуренції та всерівневої конкуренції товарного ринку електричної енергії.

Частковим випадок двостороннього аукціону є односторонній аукціон, на якому «відсутній» аукціон купівлі. Односторонній аукціон використовується в моделі оптової монопсонії товарного ринку електричної енергії.

Двосторонній і односторонній аукціони електроенергії є аукціонами приватних цін закритого типу. Залежно від механізму розрахунків, вони можуть бути аукціонами єдиної ціни (недискримінаційний аукціон) або аукціонами багатьох цін (дискримінаційний аукціон). Щодо врахування мережевих обмежень на перетоки електроенергії та електричних втрат в електричній мережі, вони можуть бути зосередженими аукціонами або розосередженими аукціонами.

Перелік використаних джерел

9. Стрелков М.Т. Составляющие инфраструктуры системы энергорынка: создаваемые потоки, реализуемые принципы, решаемые задачи / Энергетика та електрифікація. – 2014. – №4. – С.51-57.
10. Стрелков М.Т. Статична модель складу системи ринку електричної енергії / Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2015. – №3. – С.117-123.
11. Integrated Electricity Market System / Strelkov M., Strelkova H., Ishchenko O. //2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). – IEEE, 2019. – С. 359-364.
12. Hunt S., Shuttleworth G. Competition and Choice in Electricity. – Wiley, 1996.
13. Стрелков М.Т. Отраслевая организация инфраструктуры рынка электроэнергетики / Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2003. – №1. – С.97-105.
14. Стрелков М.Т. Маркетинговые вопросы реструктуризации электроэнергетики / Электрические сети и системы. – 2004. – №5-6. – С. 100-104.

15. Стрелков М.Т. Либерализация в системе рынка электрической энергии / Энергетика та електрифікація. – 2012. – №10. – С.10-17.
16. Стрелков М.Т. Статична модель структури системи ринку електричної енергії / Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2016. – №4. – С.22-31.
17. Pindyck R.S., Rubinfeld D.L. Microeconomics. – Pearson Prentice Hall, 2005.
18. Varian H.R. Intermediate Microeconomics: A Modern Approach. – W.W. Norton @ Company, 2010.
19. J. Contreras, O. Candiles, J. I. de la Fuente and T. Gomez, "Auction design in day-ahead electricity markets," in IEEE Transactions on Power Systems, vol. 16, no. 3, pp. 409-417, Aug. 2001.
20. Стрелков М.Т. Аукціони товарного ринку електроенергії: механізм, інструменти оцінки, утворюючі пари / Энергетика та електрифікація. – 2011. – №6. – С.11-16.